Journal of Iranian Plant Protection Research
Vol. 35, No. 4, Winter 2022, P. 433-444

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۴۴-۴۳۳

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیرکاربرد همزمان *Trichoderma harzianum* و مالچ گیاهی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی گندم رقم نارین

مخدره مهربانی[۱]- عباس محمدی[۲*]- مسعود خزاعی[۳]- مجید جامی الاحمدی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کاربرد همزمان *Trichoderma harzianum* و مالچ گیاهی بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی گندم رقم نارین و تأثیر آن بر روی برهم‌کنش این رقم با قارچ *Alternaria alternata*، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل شاهد (بدون کاربرد تریکودرما هارزیانوم)، تریکودرما خاک کاربرد، تریکودرما برگ‌کاربرد در مرحله دانه‌بندی، تریکودرما خاک کاربرد توأم با برگ‌کاربرد در مرحله دانه‌بندی بودند. در مرحله دانه بندی هر واحد آزمایشی به دو بخش تقسیم شد و تیمار بیمارگر عامل لکه برگی در دو سطح (تلقیح اندام هوایی در مرحله دانه بندی و بدون تلقیح) بعنوان فاکتور فرعی در آزمایش در نظر گرفته شد. هدف از کاربرد تیمار بیمارگر بررسی تأثیر قارچ تریکودرما در حضور بیمارگر بود و تأثیر آن بر صفات فیزیولوژیکی (شامل فنل کل، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، کلروفیل کل) بود جهت بررسی اثر کاربردهای مختلف تریکودرما بر رقم نارین نیز در بخش دیگر کرت که بدون تیمار بیمارگر بود تجزیه و تحلیل صفات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شد. پس از تلقیح بیمارگر هیچ گونه علائم بیماری اعم از نکروز یا کلروز برگی مشاهده نشد. تجزیه صفات فیزیولوژیکی نشان داد که تنها میانگین اثر ساده تلقیح یا عدم تلقیح *A. alternata* با وجود تریکودرما اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) از نظر محتوی فنل کل داشت و نتایج صفات رشدی، عملکردی نشان داد که تیمار *T. harzianum* بر هیچ کدام اثر معنی‌داری نداشت. داده‌های این تحقیق برای اولین بار نشان داد که *A. alternata* توانایی ایجاد بیماری برروی گندم نارین را داشت.

واژه‌های کلیدی: آلترناریا، تریکودرما، فنل، لکه برگی، مالچ

مقدمه

حفظ بقایا و اصلاح خاک‌ورزی از روش‌های مدیریتی مهم حفظ آب و کاهش فرسایش خاک است که سبب عدم سله‌بندی و انسداد سطحی می‌شوند و نفوذ پذیری خاک را افزایش می‌دهند (۱۰). افزودن بقایای گیاهی به خاک و حفظ آن‌ها در فراهمی نیتروژن و افزایش عملکرد دانه گندم و ذرت نقش مؤثری دارد (۸). کاربرد بقایای گندم به همراه کود NPK سبب افزایش کارآیی جذب نیتروژن و فسفر توسط گندم می‌شود (۳). پنگ و همکاران (۲۲) اظهار کردند که استفاده از مالچ کاه در مناطق خشک موجب افزایش متوسط عملکرد گندم می‌شود. افزودن ۱۵ کیلوگرم در هکتار مالچ، بیشترین افزایش ارتفاع بوته (۳۴,۱۱ درصد)، عملکرد بیولوژیک (۵۶,۲۹ درصد) و عملکرد دانه (۵,۳۵ درصد) به همراه داشته است (۳۶).

گونه‌های تریکودرما با زیستگاه‌های مختلف جغرافیایی جهان سازگاری دارند و وجود ماده آلی در خاک شرایط مطلوب‌تری برای رشد این قارچ ایجاد می‌کند. گونه‌های تریکودرما بر روی گیاهان بیماری‌زا نیستند. مکانیسم عمل گونه‌های تریکودرما به صورت رقابت تغذیه‌ای، هایپرپارازیتیسم[5] و آنتی بیوز[6] است (۲۹). هایپرپارازیتیسم، قارچ‌های جنس تریکودرما را قادر می‌سازد که بیمارگرهای مختلف قارچی را پارازیته کنند (۵). این گونه‌ها عوامل عمده تجزیه و

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته بیماری‌شناسی گیاهی و دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: Amohammadi@birjand.ac.ir)
۳ و ۴- به‌ترتیب دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

DOI: 10.22067/JPP.2021.70287.1022

5- Hyperparasitism
6- Antibiosis

پوسیدگی بقایای کشاورزی هستند و به عنوان تولید کنندگان با ارزش آنزیم‌های لیگنوسلولولیتیک شناخته می‌شوند (۴). از گونه‌های تریکودرما جهت تجزیه زیستی باقی مانده‌های محصولات کشاورزی مانند کاه، کلش و سبوس گندم و کمپوست سازی استفاده می‌شود. افزودن اوره و کود حیوانی همراه با تریکودرما به بقایای گیاهی در شرایط مزرعه‌ای نشان داده که نسبت مواد آلی- کربن و C.N را به میزان قابل توجهی در بقایای گیاهی کاهش می‌هد در حالی که در این تیمار میزان N، P، K، S در کمپوست افزایش می‌یابد و در مزارع بزرگ که تولید بقایا زیاد است می‌توان از تجزیه بقایا برای افزایش حاصل‌خیزی خاک و تولید یک محصول پایدار با کیفیت و عاری از آلودگی‌های زیست محیطی استفاده نمود (۳۱).

تریکودرما با مهار رشد بیمارگر سبب کاهش رشد، درصد عفونت و افزایش درصد جوانه‌زنی بذر گردید و با پلاسمولیز و از هم گسستگی هیف‌های بیمارگر، بیماری را مهار می‌کند (۲۱) و با کلونیزه کردن ریشه موجب افزایش فعالیت در متابولیسم گیاه، رشد بهتر، افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی و افزایش محصول در گیاه و مقاومت گیاه می‌شود (۱۲). برهمکنش تریکودرما با ریشه گیاهان باعث ارتقاء مقاومت گیاه به تنش‌های زنده و عوامل غیر زنده (نمک زیاد، رطوبت و درجه حرارت بالا)، افزایش راندمان استفاده از نیتروژن و افزایش درصد و نسبت جوانه زنی بذرها می‌گردد (۳۲).

جنس آلترناریا شامل گروه بزرگی از گونه‌های قارچی با چرخه زندگی ساپروفیتی، اندوفیتی و بیمارگر است که روی طیف وسیعی از گیاهان ایجاد نکروز می‌کند (۳۵). آلترناریا جداسازی شده از بذر گندم و کشت متقابل آن با *T. harzianum* در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که سبب مهار رشد میسلیوم آلترناریا می‌گردد زیرا هیف‌های تریکودرما با نفوذ و پیچیدن دور هیف‌های آلترناریا از فعالیت و رشد جلوگیری می‌کنند. همچنین با تولید آنزیم کیتیناز سبب تخریب دیواره سلولی، سلول‌های آلترناریا می‌شوند (۲۱).

گندم با دارا بودن مواد غذایی با ارزشی مانند انواع پروتئین‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی حدود ۲۵ درصد کالری در سبد غذایی انسان را در بر می‌گیرد (۱۳). گندم رقم نارین حاصل دو رگ بین گندم پیشتاز با سازگاری وسیع و پتانسیل عملکرد بالا به عنوان والد پدری و لاین متحمل به شوری ۱- ۶۶-۲۲ به عنوان والد مادری می‌باشد. عملکردی بالغ بر ۹۰۱٫۳ تن در هکتار، سازگاری بیشتر به مناطق تنش شوری و زودرسی نسبی در مقایسه با دیگر ارقام است (۱).

این تحقیق با هدف بررسی تأثیرکاربرد همزمان *T. harzianum* و مالچ گیاهی بر عملکرد، خصوصیات فیزیولوژیکی گندم رقم نارین، سنجش مقاومت گندم به بیمارگر *A. alternata* و تأثیر قارچ تریکودرما در حضور بیمارگر بر گندم رقم نارین انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۹- ۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمار آزمایشی قارچ *T. harzianum* در چهار سطح (شاهد، کاربرد تریکودرما در خاک‌کاربرد در زمان کاشت، تریکودرما برگ‌کاربرد در مرحله دانه‌بندی، تریکودرما خاک‌کاربرد توأم با برگ‌کاربرد در مرحله دانه‌بندی) بود. در در مرحله دانه بندی هر واحد آزمایشی به دو بخش تقسیم شد (ناحیه‌ای به ابعاد ۲۰*۲۰ در داخل هر کرت انتخاب) و تیمار بیمارگر عامل لکه برگی *A. alternata* در دو سطح (تلقیح اندام هوایی و بدون تلقیح) بعنوان فاکتور فرعی در آزمایش اعمال شد. سپس در مرحله دانه‌بندی تعداد ۱۰ بوته برداشت و صفات فیزیولوژیکی شامل میزان فنل کل (۲۵)، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل اندازه‌گیری شد (۱۱). تجزیه و تحلیل داده‌های صفات فیزیولوژیک گندم رقم نارین بصورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد.

انتخاب گونه *T. harzianum*

جدایه *T. harzianum* که توسط امینی و همکاران (۲) از مزرعه دانشکده کشاورزی شهرستان بیرجند جمع‌آوری و جزو گونه‌های غالب استان شناسایی شده بود از کلکسیون آزمایشگاه بیماری‌شناسی گیاهی دانشکده کشاورزی بیرجند تهیه شد. کشت و تکثیر این جدایه در محیط کشت عصاره سیب زمینی دکستروز آگار[1](PDA) کشت گردید (شکل ۱). برای تکثیر بیشتر و استفاده در مزرعه، تریکودرما روی بذر گندم و قطعات خرد شده قارچ خوراکی دکمه‌ای کشت و تکثیر شد. برای تیمار تریکودرمای خاک کاربرد بعد کشت روی بقایا به مقدار ۳۰ گرم بذر گندم تلقیح با تریکودرما روی کاه و کلش استفاده شد (شکل ۱) و اولین آبیاری صورت گرفت. سوسپانسیون اسپور تریکودرما از کشت هفت روزه آن بر روی محیط کشت PDA (شکل ۱)، با جمع‌آوری اسپورها و حل نمودن در آب مقطر به غلظت 10^6 اسپور در میلی لیتر بدست آمد و سپس روی تمام برگ و قسمت‌های هوایی گیاه گندم اسپری شد (۶).

کاشت مزرعه

کاشت به صورت مکانیزه بود و ابعاد کرت‌های آزمایشی ۵ در ۳ متر، با ۱۶ ردیف کاشت با فاصله cm۱۵ فاصله کرت‌ها در هر بلوک

1- Potato Dextrose Agar

۷۰ cm و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۲ متر در نظرگرفته شد. کود پایه مصرفی شامل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاس و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره در زمان کاشت و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره زمان دانه‌بندی استفاده گردید. پس از کاشت کاه و کلش یه میزان ۳ تن در هکتار بطور یکسان در سطح کرت‌ها استفاده شد (۷). آبیاری با استفاده از سیفون و دور آبیاری با توجه به ظرفیت زراعی مزرعه بود. قبل از اجرای آزمایش جهت تعیین خصوصیات خاک مزرعه، نمونه‌برداری از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری انجام شد.

تهیه اسپور *A. alternata*

برای سنجش مقاومت گندم رقم نارین نسبت به بیماری لکه برگی با استفاده از روش‌های مختلف تلقیح تریکودرما برروی گندم از قارچ بیمارگر عامل لکه برگی *A. alternata* استفاده گردید. برای تلقیح این بیمارگر از سوسپانسیون با غلظت $۱۰^۶$ اسپور در میلی‌لیتر آلترناریا از کلنی ۷ روزه قارچ برروی محیط کشت PDA استفاده شد (۱۷). پس از گذشت سه روز از گندم‌های مزرعه برگ سبز تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد تا تست بیماری‌زایی انجام شود (شکل ۱)، برگ‌ها با آب مقطر استریل و با محلول هیپوکلریت سدیم ۵،۰ درصد زیر هود استریل ضد عفونی شدند، و سپس سوسپانسیون با غلظت $۱۰^۶$ اسپور در میلی لیتر از محیط کشت آلترناریا با آب مقطر استریل تهیه و توسط تیغ اسکارپل استریل روی هر برگ خراش ایجاد کرده و با یک قطره از سوسپانسیون تلقیح شد (۱۹).

بعداز گذشت ۱۵ روز اسپری و تلقیح قارچ تریکودرما در مزرعه در هر کرت در مرحله دانه‌بندی پلاتی به ابعاد ۲۰ *۲۰ cm علامت زده شده و با یک سم پاش دستی با کمترین فاصله *A. alternata* روی برگ و ساقه‌ها اسپری شد و پس از گذشت ۲۵ روز از تلقیح عامل لکه برگی در مزرعه هیچ گونه لکه برگی مشاهده نشد و برای اندازه‌گیری میزان مقاومت گندم و اثر تریکودرما بر آلترناریا از برگ‌های گندم قسمت پلات ۲۰*۲۰ تلقیح شده به آلترناریا و کل کرت بدون آلترناریا نمونه‌برداری شد، صفاتی شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، کلروفیل کل برگ و میزان فنل کل اندازه‌گیری گردید. این صفات اندازه‌گیری شده از دو قسمت هر کرت با هم و در نهایت با دیگر کرت ها بصورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مقایسه و تجزیه و تحلیل شدند.

اندازه‌گیری کلروفیل a، b، کاروتنوئید، کلروفیل کل و شاخص کلروفیل برگ SPAD[1]

برای تعیین میزان کلروفیل مقدار ۵،۰ گرم از بافت برگ با ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به لوله آزمایش اضافه شد و سپس لوله‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد، سپس میزان جذب در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر (۱۱) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (SHIMADZO; AA670, JAPAN) قرائت گردید. شاخص کلروفیل برگ SPAD (مقدار نسبی کلروفیل، محاسبه شده از نسبت نور قرمز به مادون قرمز عبور داده شده از برگ را فراهم می کند، که برای تعیین این‌که آیا متابولیسم گیاه در محیط معین نسبت به مقدار مرجع برای گونه یا رقم به خوبی کار می کند، استفاده می شود. هرچه مقدار از مقدار کنترل بیشتر باشد، گیاه ضعیف تر است).

میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئید و کلروفیل کل با استفاده از فرمول‌های زیر تعیین شد:

$$Chl_a\ (mg\ g^{-1}\ FW) = 12.7\times (A_{663}) - 2.69\times (A_{645})$$
$$Chl_b\ (mg\ g^{-1}\ FW) = 22.9\times (A_{645}) - 4.68\times (A_{663})$$
$$Chl_{total}\ (mg\ g^{-1}\ FW) = Chl_a + Chl_b$$

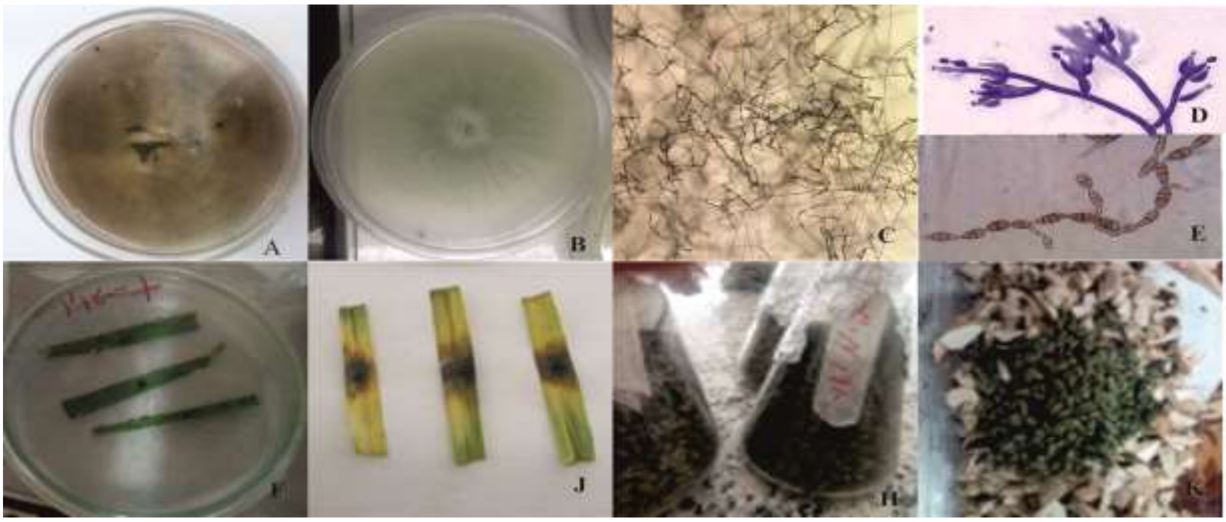
اندازه‌گیری فنل کل

۵،۰ گرم از بافت تازه‌ی برگ گندم در ۲ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد ساییده و در بن ماری به مدت ۱۵ دقیقه دردمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس با سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شده و به ۱ میلی‌لیتر از محلول متانولی رویی، ۸،۱ میلی‌لیتر آب مقطر ۲،۰ میلی‌لیتر معرف فولین اضافه و محلول به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد. در مرحله بعد ۱ میلی‌لیتر سدیم کربنات ۱۲ درصد به محلول بالا اضافه شد، پس از ۲ ساعت قرار گرفتن در دمای آزمایشگاه، جذب محلول حاصل در طول موج ۷۶۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (۲۵).

اندازه‌گیری صفات عملکردی

بعد از رسیدگی کامل، برداشت از سطحی به ابعاد ۲ در ۲ متر با حذف اثر حاشیه‌ای صورت گرفت. صفاتی شامل ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد دانه در هر سنبله، تعداد کل سنبله‌ها، وزن هزاردانه، وزن کل دانه، عملکرد بیولوژیکی فقط ناحیه‌ای که با قارچ تریکودرما تلقیح شده بود (از ناحیه ۲۰*۲۰ که توسط آلترناریا تلقیح شده، به دلیل محدودیت سطح تلقیح شده و افزایش احتمال خطا، بررسی صفات عملکردی صورت نگرفت) اندازه‌گیری شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

1- Minolta SPAD- 502



شکل ۱- A. کلنی *A. alternata* روی PDA، B. کلنی *T. harzianum* روی PDA، C. زنجیره اسپور *A. alternata* ، D. فیالیدهای *T. harzianum*، E. فیالیدهای *A. alternata*، F. پتری‌دیش حاوی برگ گندم رقم نارین استریل و تلقیح شده با *A. alternata*، J. برگهای گندم رقم نارین نکروزه شده توسط قارچ *A. alternata*، H. توده اسپوری *T. harzianum* روی گندم، K. توده اسپوری *T. harzianum* مخلوط با *A. bisporus* برای استفاده در مزرعه

Figure 1- *A. alternate* colony on PDA, B. *T. harzianum* colony on PDA, C. spore chain *A. alternata*, D. Phialides of *T. harzianum*, E. Phialides of *A. alternata*, F. Petridish containing sterile wheat leaves of Narin cultivar inoculated with *A. alternata*, J. Wheat leaves of Narin cultivar necrotic by *A. alternata*, H. spores *T. harzianum* on wheat, K. spores *T. harzianum* mixed with *A. bisporus* for use in farm

نتایج و بحث

تست بیماری‌زایی آلترناریا روی برگ گندم رقم نارین

۷۲ ساعت پس از کشت *A. alternata* بر روی برگ سبز گندم رقم نارین در آزمایشگاه نکروز و لکه برگی دیده شد در تمامی تکرارها اثر آلودگی مشاهده گردید (شکل ۱).

صفات عملکردی

نتایج حاصل از آنالیز واریانس روش‌های مختلف کاربرد تریکودرما بر ارتفاع بوته سبز، طول سنبله، تعداد سنبله، وزن سنبله و شاخص SPAD برگ تأثیر معنی‌داری ($P < 0.05$) نداشت (جدول ۲).

مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد کل دانه و وزن عملکرد بیولوژیک گندم تحت تأثیر تیمار روش‌های مختلف کاربرد تریکودرما در جدول ۳ و۴ ارائه شده است. اختلاف معنی داری بین روش‌های مختلف‌کاربرد تریکودرما از نظر تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد کل دانه و وزن عملکرد بیولوژیک گندم وجود نداشت. در حالی‌که دیگر محققین اثبات کردند تریکودرما با افزایش سطح ریشه و بهبود عمل جذب عناصر معدنی قابل دسترس گیاه، اثرگذار برروی اجزای عملکردی مانند کاه، شاخص برداشت، تعداد دانه در هر سنبله، تعداد سنبله در بوته، وزن دانه در هر سنبله، وزن هزار دانه به ترتیب به میزان ۳۰ درصد، ۲۷ درصد، ۵۳ درصد، ۱۱ درصد، ۵۷ درصد و ۱۰ درصد افزایش می‌دهد (۲۴). افزودن کود دامی به همراه تریکودرما سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (۲۷). همچنین *T. viride* بر روی گندم سبب افزایش ارتفاع، وزن ریشه، وزن خوشه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک می‌شود ولی اثرات منفی بر روی طول خوشه، تعداد خوشه دارد (۱۸). همچنین، محققان گزارش کرده‌اند که جمعیت گونه‌های مختلف تریکودرما در خاکهای با اسیدیتهٔ مختلف یکسان نیست. به این معنی که گونه‌های مختلف تریکودرما در شرایط اسیدی خاک رشد بهتر و کارآمدتر از خاک قلیایی دارند و شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک روی بقا و دینامیک جمعیت تریکودرما مؤثرند (۳۳). جکسون و همکارانش (۱۴) نشان دادند که جدایه‌های *T. harzianum* در اسیدیتهٔ خاک بین ۸,۴ تا ۸,۵ رشد بهتری دارند. داده‌ها این تحقیق به دلیل قلیایی بودن خاک مزرعه و استفاده از گندم رقم نارین که برای اولین بار در منطقه کشت شد و بذر مادری نیز بود نشان داد پایداری نسبتا خوبی نسبت به تغییرات محیطی و تیمارهای القاء شده نشان داد و سبب شد داده‌های بدست آمده با دیگر محققین متناقض باشد.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Results of soil analyze at the test site

بافت خاک (Soil texture) (٪)	شن (Sand) (٪)	سیلت (Silt) (٪)	رس (Clay) (٪)	PH	Ec (dS.m)
لومی- رسی (Clay- Loam)	20	35	45	7.9	5.5

جدول ۲- نتایج حاصل از آنالیز واریانس برای برخی از صفات فیزیولوژیکی و کمی گندم رقم نارین تحت تأثیرکاربرد همزمان *T. harzianum* و مالچ گیاهی

Table 2- Results of analysis of variance for some physiological and quantitative traits of Narin cultivar of wheat under the simultaneous application of *T. harzianum* and plant mulch

منابع تغییر Sources change	Df	وزن کل سنبله‌ها Total weight of spikes (kg)	تعداد سنبله Number of spikes	طول سنبله Spike length (cm)	ارتفاع بوته خشک Dry plant height (cm)	ارتفاع بوته سبز Green plant height (cm)	ضریب کلروفیل متر Spad Index
تکرار (Repetition)	2	62708.22	0.26	1.11	45.13	214.81	25.46
تیمار (Treatment)	3	48494.06	2.92	1.04	4.09	4.6	11.10
خطای آزمایشی (Trial error)	6	3143.0	0.15	0.39	58.05	17.16	15.34
% ضریب تغییرات (Coefficient of variation)		11.07	10.17	7.39	8.06	4.27	7.51

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی از صفات فیزیولوژیکی و کمی گندم رقم نارین برای سطوح مختلف *T. harzianum* با استفاده از مالچ گیاهی

Table 3- Comparison of the mean of some physiological and quantitative traits of Narin cultivar of wheat for different levels of *T. harzianum* using vegetable mulch

T. harzianum	وزن کل سنبله‌ها Total weight of spike (kg)	تعداد سنبله Number of spikes	طول سنبله Spike length (cm)	ارتفاع بوته خشک Dry plant height (cm)	ارتفاع بوته سبز Green plant height (cm)	ضریب کلروفیل متر Spad Index
شاهد (Control)	2.05 a	a1507.0	ab8.15	95.45 a	95.75 a	53.90 a
خاک‌کاربرد (Soil application)	a1.94	1548.8 a	a8.27	93.05 a	95.80 a	51.40 a
برگ‌کاربرد (Application sheet)	a2.05	a1588.8	b7.17	95.05 a	96.26 a	50.20 a
خاک‌کاربرد توأم برگ کاربرد (Soil Application + Leaf application)	a2.24	a1758.0	a8.25	94.90 a	95.97 a	53.10 a
LSD	0.31	283.59	1.01	12.18	6.26	6.26

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

صفات فیزیولوژیکی

فنل کل

پس از تلقیح بیمارگر هیچ‌گونه علایم بیماری مانند لکه برگی مشاهده نشد. بررسی تأثیر تریکودرما بر میزان فنل در سطوح مختلف بیمارگر نشان داد برهم‌کنش تریکودرما و آلترناریا بر محتوی فنل کل از نظر آماری معنی‌دار شد که نشان می‌دهد اثرگذاری تریکودرما بر محتوی فنل کل مستقل از تیمار بیمارگر نیست به طوری که در شرایط عدم کاربرد آلترناریا سطح صفر تریکودرما (تیمار شاهد) بالاترین میزان فنل کل (۲۴۰،۰) را داشت و فقط با تیمار خاک کاربرد توأم با برگ کاربرد تریکودرما اختلاف معنی‌دار نشان داد در حالی که در تیمار خاک کاربرد توأم با برگ کاربرد تریکودرماو تلقیح شده با آلترناریا بالاترین میزان فنل (۵۸۷،۰) را دارا بود (جدول ۸) و اختلاف معنی‌داری نیز با سایر سطوح تریکودرما داشت به دلیل وجود آلترناریا به عنوان یک بیمارگر احتمالا منجر به واکنش سیستم دفاعی گیاه می‌شود و تریکودرما نیز می‌تواند باعث افزایش ترکیبات فنلی برای مقابله با بیمارگر گردد.

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی از صفات عملکردی گندم رقم نارین برای سطوح مختلف *T. harzianum* با استفاده از مالچ گیاهی

Table 4- Comparison of the average of some yield traits of Narin cultivar of wheat for different levels of *T. harzianum* using plant mulch

T. harzianum	وزن عملکرد بیولوژیک Biological yield weight (kg)	عملکرد کل دانه Totalb grain yield (kg)	وزن هزار دانه Weight of thousand seeds (gr)	وزن‌دانه در سنبله Grain weight in spike (gr)	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike
شاهد(Control)	1.71 a	1.44 ab	46.13 a	1.42 a	28.07 a
خاک‌کاربرد (Soil application)	1.76 a	1.34 b	44.73 a	45.1 a	30.7 a
برگ‌کاربرد (Leaf application)	1.72 a	1.41 ab	45.78 a	1.46 a	30.0 a
خاک‌کاربرد توأم برگ کاربرد (Soil Application + Leaf application)	2.02 a	1.56 a	46.47 a	1.41 a	29.50 a
LSD	0.36	0.22	3.28	2.16	45.95

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

اثر ساده تلقیح آلترناریا تأثیر معنی‌داری بر محتوی فنل کل ($P < 0.05$) داشت (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر ساده تلقیح آلترناریا نشان داد تلقیح آلترناریا باعث افزایش معنی‌دار میزان فنل کل شد. آلترناریا سبب تحریک سیستم دفاعی گیاه و افزایش میزان فنل می‌شود.

اثر ساده روش کاربرد تریکودرما تأثیر معنی‌داری بر محتوی فنل کل نداشت (جدول ۶) مقایسه میانگین روش‌های مختلف استفاده از تریکودرما نیز نشان داد بیشترین میزان فنل کل مربوط به خاک کاربرد توأم با برگ کاربرد (۳۹۹،۰) و کمترین مقدار آن در این تیمار بدون تلقیح با آلترناریا بدست آمد ولی اختلافات از نظر آماری معنی دار نبود.

تریکودرما در شرایط عدم تلقیح آلترناریا بر روی میزان فنل تغییرات چشمگیری نداشته ولی بسته به نوع کاربرد تریکودرما تغییرات فراوانی نشان داد، ولی از نظر آماری معنی‌دار نبود. استفاده از تریکودرما در گندم میزان فنل را بیشتر تحت تأثیر قرار داده است. با افزایش جمعیت تریکودرما میزان فنل گیاه بالاتر رفته و به تبع آن مقاومت گیاه بیشتر شده است. در گزارشی استفاده از تریکودرما به صورت بذری علیه سفیدک حقیقی گندم مؤثرتر از برگی بوده زیرا فعالیت تریکودرما بر روی برگ کاهش پیدا می‌کند (۶). گندم تیمار شده با تریکودرما هارزیانوم با تعدیل پارامترهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی به تنش شوری پاسخ می‌دهد و با ترمیم هموستاز سلولی و سم‌زدایی موجب بهبود رشد گیاه می‌شود. ترکیبات فنلی تریکودرما علاوه بر داشتن فعالیت‌های ضد قارچی، ضد باکتریایی و ضد ویروسی دارای خاصیت آنتی اکسیدانی نیزدارد (۲۶). تریکودرما با تنظیم سیستم آنتی اکسیدانی (فسفات) در نتیجه افزایش کلروفیل، از فتوسنتز گیاه محافظت می‌کند (۱۶). با افزایش تجمع فنل و فعالیت POX در گیاه کنجد آلوده به قارچ بیمارگر آلترناریا مقاومت خوبی مشاهده شده است (۱۵). افزایش سنتز فنل‌ها و فلاونوئیدها دراثر تریکودرما منجربه بهبود رشد، تشکیل دیواره سلولی، تنش اکسیداتیو شده و گیاهان را در مقابل بیماری‌ها محافظت می‌نماید (۳۴).

میزان کلروفیل b

برهم کنش آلترناریا و تریکودرما بر محتوی میزان کلروفیل b از نظر آماری معنی‌دار نشد که نشان می‌دهد اثرگذاری تریکودرما بر محتوی این کلروفیل مستقل از تیمار بیمارگر است.

اثر ساده تلقیح آلترناریا تأثیر معنی‌داری بر محتوی کلروفیل b ($P < 0.05$) داشت (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر ساده تلقیح آلترناریا نشان داد تلقیح آلترناریا باعث کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل b شد.

اثر ساده روش کاربرد تریکودرما تأثیر معنی‌داری بر محتوی کلروفیل b نداشت (جدول ۶) مقایسه میانگین روش‌های مختلف استفاده از تریکودرما نیز نشان داد بیشترین میزان کلروفیل b مربوط به تیمار شاهد (۰۷۴،۰) و کمترین مقدار آن در تیمار تریکودرما خاک کاربرد بدست آمد ولی اختلافات از نظر آماری معنی دار نبود. بنابراین که وجود آلترناریا سبب کاهش میزان کلروفیل b برگ گندم شده است.

نتایج دیگر تیمارها نشان می‌دهد که در سطح عدم تلقیح با آلترناریا میزان کلروفیل b تغییرات چشمگیری نداشته ولی در حضور تریکودرما به روش‌های مختلف میزان تریکودرما تغییراتی نشان داد که از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد. نتایج حاکی از آن است که وجود تریکودرما سبب تغییرات بارزی در سطح کلروفیل b نمی‌شود، اما در شرایط تلقیح آلترناریا منجر به کاهش و یا افزایش آن می‌گردد.

جدول ۵- نتایج حاصل از آنالیز واریانس برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی گندم رقم نارین تلقیح شده با قارچ *A. alternata* و *T. harzianum*

Table 5- Results of analysis of variance for some physiological characteristics t of Narin cultivar of wheat inoculated by *A. alternata* and *T. harzianum*

منابع تغییر Sources change	df	کاروتنوئید Carotenoids	کلروفیل کل Total chlorophyll	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	فنل کل Total phenol
تکرار (Repetition)	2	0.000 ns	0.0001ns	0.0001ns	0.000 ns	0.0129 ns
تریکودرما *T. harzianum*	3	0.000ns	0.0012ns	0.0004 ns	0.0004 ns	0.0370 ns
خطای a Error a	6	0.0001ns	0.0039ns	0.0012 ns	0.0004**	0.01760 *
آلترناریا *A. alternata*	1	0.000 ns	0.0021 ns	0.000 ns	0.0008**	0.0961 **
آلترناریا. تریکودرما *Alternaria . Trichoderma*	3	0.000 ns	0.0013 ns	0.0002ns	0.0001ns	0.0138**
خطای b Error b	8	0.0001	0.0018	0.0008	0.0000	0.0129
ضریب تغییرات Coefficient of change		21.78	21.43	20.15	12.80	20.01

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ساده برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گندم رقم نارین برای روش‌های مختلف *T. harzianum*

Table 6- Comparison of the mean simple effect of some physiological characteristics of Narin cultivar of wheat for different applications of *T. harzianum*

T. harzianum	کاروتنوئید Carotenoid (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل b b Chlorophyll (mg g^{-1} FW)	فنل کل Total phenol (mg g^{-1} FW)
شاهد(Control)	0.057 a	0.218 a	0.136 a	0.074 a	0.128 a
خاک‌کاربرد (Soil application)	0.048 a	0173 a	0.188 a	0.054 a	0.336 a
برگ‌کاربرد (Application Leaf)	0.053 a	0.195 a	0.133 a	0.061 a	0.188 a
خاک‌کاربرد توأم برگ کاربرد (Soil Application + Leaf application)	0.055a	0.206 a	0.138 a	0.067 a	0.399 a
LSD	0.0195	0.0882	0.0497	0.0298	0.1879

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ساده برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گندم رقم نارین برای تلقیح یا عدم تلقیح با *A. alternata*

Table 7- Comparison of the mean simple effect of some physiological characteristics of Narin cultivar of wheat for inoculation or non-inoculation with *A. alternate*.

A. alternata	کاروتنوئید Carotenoid (mg g^{-1} FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	فنل کل Total phenol (mg g^{-1} FW)
عدم تلقیح آلترناریا (Lack of inoculation of *Alternaria)*	0.0550 a	0.2075 a	0.1331 a	0.0706 a	0.207 b
تلقیح با آلترناریا (*Alternaria* inoculation)	0.0521 a	0.1888 a	0.1331 a	0.0578 b	0.334 a
LSD	0.0110 a	0.0400 a	0.0274 a	0.0078 a	0.0511 a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح معنی‌داری ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم رقم نارین برای سطوح مختلف *T. harzianum* و *A. alternata*

Table 8- Comparison of the mean interaction of some physiological characteristics of Narin cultivar of wheat for different levels of *T. harzianum* and *A. alternate*

A. alternata	*T. harzianum*	کاروتنوئید Carotenoid ($mg\ g^{-1}$ FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll ($mg\ g^{-1}$ FW)	کلروفیلa Chlorophyll a ($mg\ g^{-1}$ FW)	کلروفیلb Chlorophyll b ($mg\ g^{-1}$ FW)	فنل کل Total phenol ($mg\ g^{-1}$ FW)
0	0	0.062 a	0.247 a	0.144 a	0.086 a	0.240 c
0	1	0.049 a	0.182 ab	0.119 a	0.062 b	0.219 c
0	2	0.054 a	0.200 ab	0.126 a	0.064 b	0.281 c
0	3	0.053 a	0.200 ab	0.136 a	0.068 b	0.090 d
1	0	0.052 a	0.189 ab	0.127 a	0.061 bc	0.195 cd
1	1	0.047 a	0.163 b	0.116 a	0.047 c	0.458 b
1	2	0.051 a	0.189 b	0.130 a	0.059bc	0.096 d
1	3	0.056 a	0.212 b	0.145 a	0.067 b	0.587 a

A. alternata (۰شماره ۱ تلقیح). *T. harzianum* (۰ شاهد. ۱ کاربرد خاک ، ۲ برگ کاربرد ، ۳ مورد کاربرد خاک) میانگین هایی با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح معنی داری ۵٪ با اختلاف معنی‌دار آنها نیستند.

میزان کلروفیل a، کاروتنوئید و کلروفیل کل

در جدول ۵ نتایج تجزیه واریانس میزان کلروفیل a، کاروتنوئید و کلروفیل کل گندم تحت تأثیر تیمار آلترناریا و روش‌های مختلف کاربرد تریکودرما ارائه شده‌است. برهم کنش بین آلترناریا و تریکودرما بر محتوی میزان کلروفیل a، کاروتنوئید و کلروفیل کل از نظر آماری معنی‌دار نشد که نشان می‌دهد اثرگذاری تریکودرما بر این سه صفت مستقل از تیمار بیمارگر است.

اثر ساده تلقیح آلترناریا نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، کاروتنوئید و کلروفیل کل گندم ($P < 0.05$) نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین اثر ساده تلقیح آلترناریا نشان داد تلقیح آلترناریا باعث کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل a، کاروتنوئید و کلروفیل کل گندم شد ولی کاهش از نظر آماری معنی دار نبود. نیز اثر ساده روش کاربرد تریکودرما تأثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، کاروتنوئید و کلرفیل کل گندم نداشت (جدول ۶). در آزمایش گندم تحت تنش شوری افزودن *T. harzianum* به بذرهای آن سبب افزایش ۲۰ درصدی میزان فنل و افزایش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود (۲۶). گونه‌های تریکودرما در گندم سبب افزایش ۵،۳ درصدی میزان کلروفیل کل، ۴ درصدی کلروفیل a، ۵،۱ درصدی کلروفیل b و ۶ درصدی کاروتنوئید در برگ گندم می‌شوند (۲۸ و ۹). استفاده از رقم نارین که جزو مقاوم‌ترین ارقام به تنش‌های محیطی و بیمارگرهای منطقه می‌باشد سبب شد تا نتایج این تحقیق با دیگر نتایج ثبت شده در این زمینه اختلاف داشته باشد. این تحقیق اولین بار است که زوی این رقم انجام می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

داده‌های این تحقیق برای اولین بار نشان داد که *A. alternata* توانایی ایجاد بیماری برروی گندم نارین را داشت. علاوه بر این به عنوان اولین مطالعه اثر تریکودرما هارزیانوم بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکردی گندم رقم نارین نشان داد که قارچ تریکودرما هارزیانوم قادر است روی این خصوصیات رقم نارین اثر کمی داشته باشد. کاربرد توأم تریکودرما در خاک و اندام هوایی اثر بیشتری نسبت به کاربرد جداگانه در ریشه یا اندام‌های هوایی داشت. همچنین تلقیح رقم نارین با قارچ آلترناریا به عنوان عامل لکه برگی هر چند منجر به بروز علائم لکه برگی شدید در مزرعه نگردید ولی واکنش این رقم به بیمارگر را در پی‌داشت که باعث افزایش ترکیبات فنلی گیاه گردید. قارچ تریکودرما نیز با تحریک سیستم دفاعی گیاه و افزایش سطح مقاومت گیاه، میزان تولید ترکیبات فنلی را تحت تأثیر قرار داد. تحریک همزمان سیستم دفاعی گیاهی توسط بیمارگر آلترناریا و قارچ تریکودرما بیشترین اثر را روی افزایش ترکیبات فنلی گیاه داشت هر چند قارچ تریکودرما در حضور کاه و کلش در مزرعه توانسته است تغییراتی در خصوصیات رشدی، فیزیولوژیکی و عملکردی گندم رقم نارین ایجاد کند اما به نظر می‌رسد برخی عوامل همانند شرایط محیطی مزرعه نیز در برهم کنش قارچ و گیاه اثرگذار بودند. بارندگی‌های طولانی مدت در فصل زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و مناسب بودن شرایط رشدی برای گندم از عوامل تأثیر گذار بر داده‌های این تحقیق بود. با توجه به شرایط خشکی و تنش محیطی منطقه از تریکودرما استفاده شد زیرا این قارچ در حضور تنش‌های محیطی اثر گذاری بارزتری از خود نشان می‌دهد.

منابع

1. Amini A., Akbari-Moghaddam H., and Afyoni D., Saberi H., and Tabatabai MH. 2018. Narin, a new irrigated wheat cultivar with high adaptability and yield, suitable for areas with soil and water salinity stress in temperate and temperate warm climates of the country. Scientific-Extension Journal of Research Findings in Crops and Horticultural Plants 2(1): 135-147. (In Persian with English abstract)
2. Amini Y. 2014. Taxonomic study of *Trichoderma* species in South Khorasan province. The thesis for Ms.c Degree of Plant Pathology. Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran. (In Persian with English abstract)
3. Aulakh MS., Manchanda JS., Garg AK., Kumar S., Dercon G., and Nguyen ML. 2012. Crop production and nutrient use efficiency of conservation agriculture for soybean–wheat rotation in the Indo-Gangetic Plains of Northwestern India. Soil and Tillage Research 120: 50-60.
4. Beg Q., Kapoor M., Mahajan L., and Hoondal G. 2001. Microbial xylanases and their industrial applications: a review. Applied Microbiology and Biotechnology 56(3-4): 326-338.
5. Benhamou N., and Chet I. 1996. Parasitism of sclerotia of Sclerotium rolfsii by *Trichoderma harzianum* ultrastructural and cytochemical aspects of the interaction. Phytopathology 86: 4: 405-416.
6. Cordo CA., Monaco CI., Segarra CI., Simon MR., Mansilla AY., Perello AE., and Conde RD. 2007. *Trichoderma* spp. as elicitors of wheat plant defense responses against *Septoria tritici*. Biocontrol Science and Technology 17(7): 687-698.
7. Donjadee S., and Tingsanchali T. 2016. Soil and water conservation on steep slopes by mulching using rice straw and vetiver grass clippings. Agriculture and Natural Resources 50(1): 75-79.
8. Fischer Santiveri F., and Vidal I. 2002. Crop rotation, tillage and crop residue management for wheat and maize in the sub-humid tropical highlands: I. Wheat and legume performance. Field Crops Research 79: 2-3: 107-122.
9. Fu J., Liu Z., Li Z., Wang Y., and Yang K. 2017. Alleviation of the effects of saline-alkaline stress on maize seedlings by regulation of active oxygen metabolism by *Trichoderma asperellum*. PLoS One 12(6): e0179617.
10. Gangwar K., Singh K., Sharma S., and Tomar O. 2006. Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo-Gangetic plains. Soil and Tillage Research 88: 1-2: 242-252.
11. Ghorbanli M., and Kiapour A. 2012. Copper-induced changes on pigments and activity of non-enzimatic and enzymatic defence systems in *Portulaca oleracea* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(2): 235-247. (In Persian with English abstract)
12. Harman GE., Howell CR., Viterbo A., Chet I., and Lorito M. 2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology 2(1): 43-56.
13. Hemmat A., and Eskandari I. 2006. Dryland winter wheat response to conservation tillage in a continuous cropping system in northwestern Iran. Soil and Tillage Research 86: 1: 99-109.
14. Jackson AM, Whipps JM, and Lynch JM. 1991. Effects of temperature, PH and water potential on growth of four fungi with disease biocontrol potential. World Journal of Microbiology Biotechnology 7: 494-501.
15. Khaledi N., and Taheri P. 2016. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma harzianum* against soybean charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina*. Journal of Plant Protection Research 56(1): 359-365. (In Persian with English abstract)
16. Khan A. 2015. Using films in the ESL classroom to improve communication skills of non-native learners. Elt Voices. 5(4): 46-52.
17. Kolasa M., Ahring BK., Lubeck PS., and Lubeck M. 2014. Co-cultivation of *Trichoderma reesei* Rut C30 with three black *Aspergillus* strains facilitates efficient hydrolysis of pretreated wheat straw and shows promises for on-site enzyme production. Bioresource Technology 169: 143-148.
18. Mahato S., Bhuju S., and Shrestha J. 2018. Effect of *Trichoderma viride* as biofertilizer on growth and yield of wheat. Malaysian Journal of Sustainable Agricultur 2(2): 1-5.
19. Moaven N., Ghorbani R., and Rezaeian-Doloei R. 2012. Investigation on biological control of Russian knapweed (*Acroptilon repens* L.) with fungal pathogens. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production 24(2): 108-122. (In Persian with English abstract)
20. Mokhtar H., and Aid D. 2013. Contribution in isolation and identification of some pathogenic fungi from wheat seeds, and evaluation of antagonistic capability of *Trichoderma harzianum* against those isolated fungi in vitro. Agriculture and Biology Journal of North America 4(2): 145-154.
21. Monaco C., Sisterna M., Perello A., and Dal-Bello G. 2004. Preliminary studies on biological control of the blackpoint complex of wheat in Argentina. World Journal of Microbiology and Biotechnology 20(3): 285-290.
22. Peng Z., Ting W., Haixia W., Min W., Xiangping M., Siwei M., and Qingfang H. 2015. Effects of straw mulch on soil water and winter wheat production in dryland farming. Scientific Reports 5: 107-125.
23. Pere J., Siika-aho, M., and Viikari L. 1995. Effects of purified *Trichoderma ressei* cellulose on the fiber properties of kraft pulp. Journal Tappi Press Atlanta GA (USA) 78(6).71-78.
24. Qasmkhyly f., Pyrdshty h., Bahmanyar M., and Tajik M. 2015. The effect of *Trichoderma harzianum* and cadmium on tolerance and yield index of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Ecophysiological Crops 8(32): 465-482.

(In Persian with English abstract)

25. Rajaeian S., Ehsanpour AA., and Toghyani MA. 2015. Changes in phenolic compound, TAL, PAL activity of *Nicotiana rustica* triggered by ethanolamine pretreatment under in vitro salt stress condition. Iranian Journal of Plant Biology 7(26): 1-12. (In Persian with English abstract)
26. Rawat L., Singh Y., Shukla N., and Kumar J. 2011. Alleviation of the adverse effects of salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) by seed biopriming with salinity tolerant isolates of *Trichoderma harzianum*. Plant and Soil 1-2: 347-387.
27. Rivero ST., Moorillon VN., and Borunda EO. 2009. Growth, yield, and nutrient status of pecans fertilized with biosolids and inoculated with rizosphere fungi. Bioresource Technology 100(6): 1992-1998.
28. Saini S. 2016. *Trichoderma* spp. and metal chelator enhanced growth and yields in wheat plants by increasing zinc availability. International Education and Research 2(1): 375-390.
29. Samuels GJ., Ismaiel A., Mulaw TB., Szakacs G., and Druzhinina IS. 2012. The Longibrachiatum clade of *Trichoderma*: a revision with new species. Fungal Diversity 55(1): 77-108.
30. Scott, JD. 1976. Praise the Potato. Reader’s Digest Dec, 205-212.
31. Sharma P., Patel AN., Saini MK., and Deep S. 2012. Field demonstration of *Trichoderma harzianum* as a plant growth promoter in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Science 4(8): 65-77.
32. Shoresh M., Harman GE., and Mastouri F. 2010. Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. Annual Review of Phytopathology 48: 21-43.
33. Singh A., Shahid M., Srivastava M., Pandey S., Sharma A., and Kumar V. 2013. Optimal physical parameters for growth of *Trichoderma* species at varying ph, temperature and agitation. Virology and Mycology 3: 2161-0517.
34. Surekha C., Neelapu N., Prasad BS., and Ganesh PS. 2014. Induction of defense enzymes and phenolic content by *Trichoderma viride* in Vigna mungo infested with *Fusarium* oxysporum and *Alternaria alternata*. International Journal Agric Sci Research 4(4): 31-40.
35. Woudenberg JHC., Groenewald JZ., Binder M., and Crous PW. 2013. *Alternaria* redefined. Studies in Mycology 75:171-212.
36. Yasin M., Munir I., and Faisal M. 2016. Can *Bacillus* spp. enhance K+ uptake in crop species Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. Springer, New Delhi. 163-170.

Journal of Iranian Plant Protection Research
Vol. 35, No. 4, Winter 2022, P. 433-444

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص. ۴۴۴-۴۳۳

The Effect of Simultaneous Application of *Trichoderma harzianum* and Plant Mulch on Yield and Physiological Characteristics of Wheat (cv. Narin)

M. Mehrabani[1]- A. Mohammadi[2]*- M. Khazaei[3]- M. Jami Al-Ahmadi[4]

Received: 08-10-2021
Accepted: 23-10-2021

Introduction: *Trichoderma* species are the main causes of decomposition and decay of agricultural residues and are considered for the control of plant pathogens, especially fungi and nematodes in the world. *Trichoderma* species have the ability to produce microbial enzymes such as xylanases, which are used in the paper and food processing industries. These enzymes improve the digestibility of nutrients in certain diets in ruminants and poultry, where there is no digestive enzyme that can digest the complex carbohydrates in the cell wall. These enzymes have the power to digest and hydrolyze these substances. South khorasan province due to hot and dry climate, water shortage and successive droughts, saline water in agriculture, pests and diseases, soil with low fertility for planting irrigated wheat needs cultivars resistant to these stresses. Narin cultivar is the latest cultivar introduced for this province. The characteristic of this cultivar are more compatibility with salinity stress areas and relative maturity with other wheat cultivars.

Materials and Methods: In order to investigate the effect of simultaneous use of *Trichoderma harzianum* and plant mulch on yield and physiological characteristics of wheat of Narin cultivar and its effect on the interaction of this cultivar with *Alternaria alternata* in 2019-2020 in Birjand Faculty of Agriculture Research Farm an experiment asComplete randomization block design was performed with four replications. Treatments included control (without application of *Trichoderma*), *Trichoderma* as soil application, *Trichoderma* as leaf application in granulation stage, *Trichoderma* application as soil and leaf application in granulation stage. In the granulation stage, each experimental unit was divided into two parts and *Alternaria* leaf spot pathogen treatment at two levels (inoculation in the granulation stage and without inoculation) was considered as a sub-factor in the experiment. The purpose of using the pathogen treatment was to evaluate the effect of *Trichoderma* in the presence of the pathogen. This fungus was prepared from the archives of the Plant Pathology Laboratory of Birjand University of Agriculture, which had previously been isolated from the wheat of this province. To inoculate this pathogen, a suspension with a concentration of 10^6 spores per ml of *A. alternata* was used from a 7-day fungus colony on PDA medium and its effect on physiological traits (including total phenol, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, total chlorophyll) were investigated. To investigate the effect of different applications of *Trichoderma* on Narin cultivar from another part of the plot without pathogen treatment was analysis of growth traits, yield and yield components including chlorophyll index, including green and dry stem height, spike length, weight, grain yield, biological yield, number and weight of grains per spike, spikes number and weight per unit area were measured.

Results and Discussion: The aim of using pathogen treatment was to evaluate the biological control of *Alternaria* wheat leaf spot agent by *T. harzianum* in different methods by using *Trichoderma* in the presence of *Alternaria* in comparison with the absence of *Alternaria* and its effect on physiological traits (including total phenol, chlorophyll a, Chlorophyll b, carotenoids, total chlorophyll) were evaluated. No symptoms of necrosis or leaf chlorosis were observed after pathogen inoculation. Analysis of physiological traits (total phenol, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, total chlorophyll) showed that only the simple effect of inoculation or non-inoculation of *Alternaria* with *Trichoderma* significantly different ($P < 0.05$) in terms of total phenol content. Due to the presence of *Alternaria* as a pathogen, it may lead to a reaction of the plant's defense system, and *Trichoderma* can also increase phenolic compounds to counteract the pathogen. Analysis of growth traits, yield and yield components showed that *Trichoderma* treatment had no significant effect on any of them.

---

1 and 2- M.Sc. Student and Associate Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: Amohammadi@birjand.ac.ir)
3 and 4- Ph.D. of Plant Physiology and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand Birjand, Iran, respectively.
DOI: 10.22067/JPP.2021.70287.1022

Conclusion: This study, for the first time showed that *A. alternata* can cause disease on wheat Narin cultivar. Also, this research studied the effect of *T. harzianum* on physiological and functional characteristics of wheat Narin cultivar and results demonstrated that *T. harzianum* can have little effect on these characteristics of Narin cultivar. Concomitant use of *Trichoderma* in soil and leaves had a greater effect than separate application in roots or leaves. Also, according to other research, the effect of trichoderma varies depending on the environmental conditions including temperature and humidity, soil texture and structure and the type of wheat cultivar.

Keywords: *Alternaria*, Leaf spot, Mulch, Phenol, *Trichoderma*